

温度応力に対するボックスカルバートのひび割れ誘発目地の効果

北海道大学 学生会員 ○塩野 岳
 北海道大学 杉山 佳
 北海道大学 正会員 大沼 博志

1. はじめに

コンクリート構造物のひび割れ発生の原因のひとつにセメントの水和熱による温度応力がある。温度応力は、セメントの水和反応に伴う温度上昇や温度降下による変形が内部拘束および外部拘束されることによって発生し、ひび割れ発生の原因となる。ひび割れの発生は、コンクリート構造物の安全性や耐久性、美観などを損なう恐れがあり、とくに、施工段階での有害なひび割れを防止することは、設計耐用期間中の性能を確保する上で重要である。

温度ひび割れを抑制するために、ひび割れ誘発目地を設置することが考えられている。ひび割れ誘発目地は、温度ひび割れが発生する位置を予め定め、所定の間隔で断面欠損部を設けることによって、欠損部にひび割れを集中的に発生させることを目的としたものである。これによってひび割れ誘発目地以外のコンクリート部のひび割れ発生を防止することができる。

本論文は、温度ひび割れを抑制するために、水和熱の低い中庸熱ポルトランドセメントを使用したボックスカルバートを解析対象として、ひび割れ誘発目地を設置しなかった場合と所定の位置に設置した場合について、3次元解析プログラム ASTEA-MACS を用いた有限要素法による温度応力解析を行い、ひび割れ誘発目地の効果を検討したものである。

2. 解析の概要

ボックスカルバートは3回に分けてコンクリートを打設した。第1リフトは地盤上の厚さ1400mmの床版、第2リフトは壁厚1200mmの側壁、第3リフトは厚さ1200mmの頂版である。また、4隅にハンチを設けた。第2リフトは第1リフト打設から31日後、第3リフトは第2リフト打設から7日後にコンクリートを打設した。解析では、構造物の対称性を考慮してボックスカルバートの1/4断面をモデル化した。この解析モデルを用いてひび割れ誘発目地を設置しない場合と、ひび割れ誘発目地を設置した部分に既にひび割れていると仮定した場合について解析を行った。解析に用いたひび割れ誘発目地を設置した場合の要素分割を図-1に示す。ひび割れ誘発目地は、コンクリートとの付着を切った厚さ25mmの樹脂と厚さ1.2mmの鋼板から構成されており、過去の施工や試験で得られたデータを参考に、ボックスカルバートの入口から奥行き方向4mの位置に設置した¹⁾。また、断面欠損率は40%とした。コンクリートの材料特性は、コンクリート標準示方書²⁾の代表的な値を用いた。

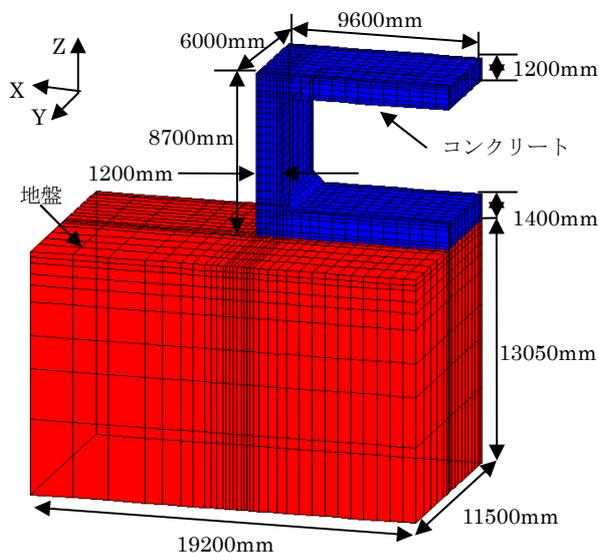


図-1 解析モデル(1/4断面)

3. 解析結果および考察

座標軸は、X軸が水平方向、Y軸が奥行き方向、Z軸が高さ方向である。また、解析は第1リフト打設から91日後まで行った。解析は、ひび割れが起きやすいと考えられる第2リフトのボックスカルバート入口部(キーワード ボックスカルバート、水和熱、温度応力、ひび割れ誘発目地、3次元有限要素法

連絡先 〒060-8628 北海道札幌市北区北13条西8丁目 北海道大学大学院工学研究科 TEL011-706-7554

下面)と対称面(XZ 平面・最下面)の厚さ中央部を一例として取り上げ、温度、温度応力、ひび割れ指数(コンクリートの引張強度とセメントの水和熱によってコンクリートに発生する引張応力の比)を求め、ひび割れ誘発目地の効果を検討した。

ひび割れ誘発目地を設置していない場合の第2リフトの温度履歴を図-2に示す。コンクリート打設後、セメントの水和熱によって最高温度に到達後徐々に温度が低下して外気温である20°Cに近づいていった。第2リフト打設後2日程度で最高温度である41.2°C(対称面)、31.0°C(入口部)にそれぞれ達した。また、温度低下時の対称面(XZ 平面)と入口部との温度差は、最大11.4°Cとなっており、これが内部拘束となって第2リフト内部に引張応力を発生させると考えられる。

ひび割れ誘発目地を設置しなかった場合と設置した場合における、第2リフトの奥行き方向(Y軸方向)の応力履歴を図-3に示す。第2リフトでは、温度上昇とともに比較的小さな圧縮応力が発生し、その後は温度降下に伴って引張応力に移行した。ひび割れ誘発目地を設置しなかった場合と比較して、設置した場合の対称面(XZ 平面)の発生引張応力は著しく低減しており、ひび割れ誘発目地が発生する引張応力の低減に効果があることが分かった。これは、ひび割れ誘発目地付近で応力が解放されたためだと考えられる。

ひび割れ誘発目地を設置しなかった場合と設置した場合における、ひび割れ指数の履歴を図-4に示す。ひび割れ誘発目地を設置しなかった場合には、対称面(XZ 平面)のY軸方向引張応力が大きく、ひび割れ指数は日数50日に最小値の1.66(ひび割れ発生確率8%)となった。ひび割れ誘発目地を設置した場合には、設置しなかった場合に最小値となった日(日数50日)の対称面(XZ 平面)におけるひび割れ指数が3.33(ひび割れ発生確率0%)となった。コンクリート標準示方書ではひび割れを防止したい場合のひび割れ指数は1.75以上としていることから、ひび割れ誘発目地を設置することによってひび割れを防止できることが示された。また、入口部のひび割れ指数は10を超えており(ひび割れ発生確率0%)、ひび割れが発生しないことが分かった。

4. まとめ

ひび割れ誘発目地を設置した場合としなかった場合の解析結果の比較から、セメントの水和熱によってコンクリートに発生する応力は、ひび割れ誘発目地によって大幅に低減できることが示された。また、水和熱の低い中庸熱ポルトランドセメントを用いただけでは、ボックスカルバートのひび割れを完全に防止することができないことも分かった。

参考文献

- 1)大沼博志, 浅井大樹: コンクリート橋脚におけるひび割れ誘発目地の有効性に関する解析的検討, コンクリート工学年次論文集, Vol.28, No.1, pp1289-1294, 2006
- 2)土木学会: 2007年度制定 コンクリート標準示方書[施工編]

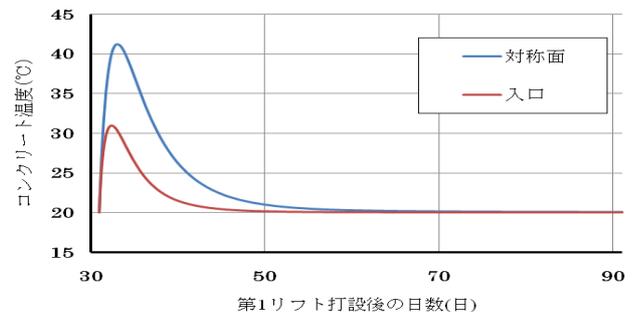


図-2 温度履歴(Y軸方向の比較)

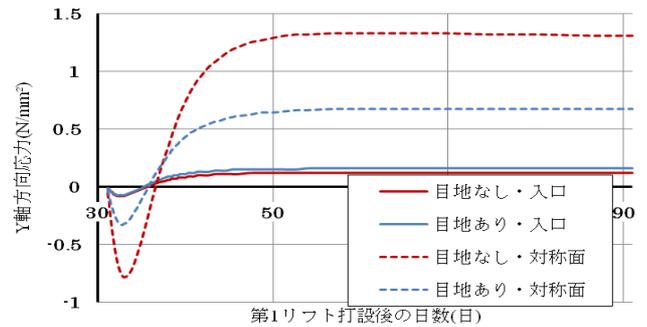


図-3 Y軸方向の応力履歴

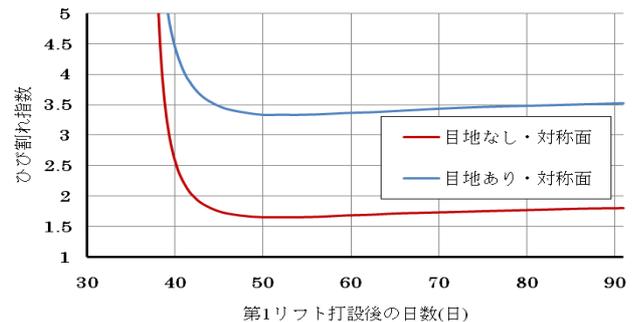


図-4 ひび割れ指数履歴